

Karakteristik dan Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen dan Air di Teluk Jimbaran, Bali

Intancia Agnes^{a*}, I Gede Hendrawan^a, I Wayan Gede Astawa Karang^a

^aProgram Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Bali, Indonesia

*Corresponding author, email: intanciaagnes@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 7 Juli 2023

Received in revised form: 4 Agustus 2023

Accepted: 12 Oktober 2023

Available online: 31 Oktober 2024

Keywords:

Bali Island

Microplastics

Sediment

Kata Kunci:

Pulau Bali

Mikroplastik

Sedimen

ABSTRACT

Microplastics are plastic particles that are less than 5 mm in size. Many plastic wastes on the sea surface and marine sediments disrupt coastal and marine ecosystems. This study aimed to identify the characteristics of color, size, and type and the abundance of microplastics in water and sediments in Jimbaran Bay, Bali Island. Water sampling using manta trawls and glass bottles and sediment sampling using shovels and jars. Laboratory analysis methods by filtering, drying, Wet Peroxide Oxidation, density separation, and observing the presence of microplastics using a stereo microscope, then documented with the Optilab and measured with image raster. The results of observing the presence of microplastics based on the type in water are fragments, filaments, fibers, foam, pellets, and microplastics, and in sediments are fibers, fragments, and filaments with a total of 16 colors. The average abundance of microplastics in water samples was 4.398 particles/m³ and in sediments 15.115 particles/kilogram of dry sediment. This research shows that Jimbaran Bay is contaminated with microplastics. Furthermore, this research can become a reference for other research and can be the basis for efforts to reduce plastic waste in the oceans.

A B S T R A K

Mikroplastik adalah partikel plastik yang berukuran kurang dari 5 mm. Sampah plastik banyak ditemukan di permukaan air laut dan sedimen laut yang menyebabkan ekosistem pantai dan laut terganggu. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik warna, ukuran, dan jenis serta kelimpahan mikroplastik pada air dan sedimen di Teluk Jimbaran, Bali. Pengambilan sampel air menggunakan *manta trawl* dan botol kaca, pengambilan sampel sedimen menggunakan sekop dan toples. Metode analisis laboratorium dengan cara penyaringan, pengeringan, oksidasi peroksida basah, pemisahan densitas, dan pengamatan keberadaan mikroplastik menggunakan mikroskop stereo, kemudian didokumentasikan dengan aplikasi optilab dan diukur dengan *image raster*. Kemudian data diolah dengan *Microsoft Excel* untuk mendapatkan hasil berdasarkan jumlah, bentuk, ukuran, dan warna dari mikroplastik. Hasil pengamatan keberadaan mikroplastik berdasarkan jenis pada air berupa fragmen, filamen, *fiber*, *foam*, *pellet*, dan mikroplastik pada sedimen berupa *fiber*, fragmen, dan filamen dengan total 16 warna mikroplastik. Rata-rata kelimpahan mikroplastik pada sampel air adalah 4,398 partikel/m³ dan pada sedimen 15,115 partikel/kilogram sedimen kering. Penelitian ini menunjukkan bahwa Teluk Jimbaran terkontaminasi oleh mikroplastik, dan selanjutnya penelitian ini dapat menjadi acuan penelitian lainnya dan dapat menjadi dasar dalam upaya pengurangan sampah plastik di lautan.

2024 JMRT. All rights reserved.

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia dengan jumlah pulau 17.508 yang 70% teritorinya merupakan perairan dengan populasi 273.879.750 jiwa (Kurniawan 2012; Kemendagri, 2022). Dengan data populasi tersebut, total sampah nasional mencapai 68,5 juta ton dengan Provinsi Bali menyumbang 190.726 ton sampah yang tidak dikelola pada tahun 2022 (DKLH, 2023). Dari 68,5 juta ton 17% atau sekitar 11,6 juta ton merupakan sampah berbahan plastik, dan sekitar 6,8 juta ton per tahunnya sampah plastik tersebut berakhir di laut Indonesia (KLHK, 2022). Hal ini

membuat Indonesia merupakan negara dengan posisi kedua sedunia dalam menyumbang sampah plastik di laut dengan 0,48 – 1,29 juta metrik ton plastik per tahunnya (Jambeck *et al.*, 2015).

Sampah plastik di laut dapat menempuh jarak yang jauh sebelum mengendap di sedimen sehingga sulit untuk mengetahui asalnya karena dipengaruhi oleh perubahan pola arus laut, iklim, pasang surut, jalur pelayaran, dan lokasi yang berdekatan dengan kawasan wisata, industri, serta daerah penangkapan ikan sehingga dapat mempengaruhi jenis dan jumlah sampah baik di laut lepas maupun di pesisir pantai (Sheavly *et al.*, 2007). Sebagian besar

plastik di lautan pecah menjadi partikel yang sangat kecil. Potongan plastik kecil yang berukuran kurang dari 5 mm ini disebut mikroplastik (NOAA, 2021).

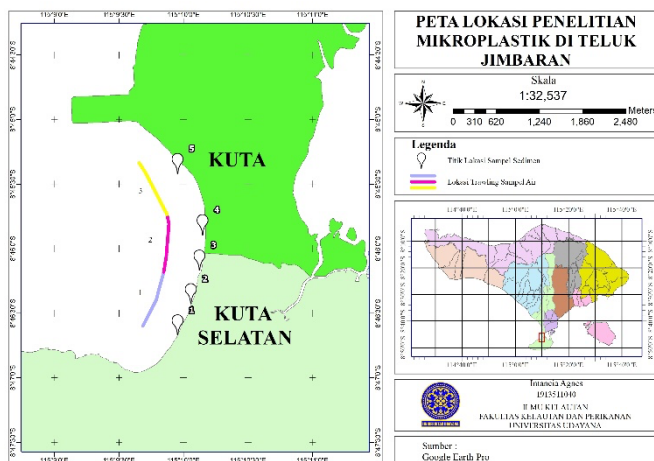
Sedimen di beberapa pantai di Kabupaten Badung terkontaminasi mikroplastik (Mauludy *et al.*, 2019; Nugroho *et al.*, 2018). Kabupaten Badung merupakan tempat dengan 5 pantai terbesar di Bali yang di antaranya Pantai Kuta, Pantai Seminyak, Pantai Legian, Pantai Jimbaran, dan Pantai Kedonganan (Lasaliesanti, 2019). Pantai Jimbaran, Pantai Kedonganan, serta Pantai Kelan saling berbatasan dan disebut sebagai Teluk Jimbaran. Aktivitas utama Teluk Jimbaran berbasis di daratan pesisir yakni kegiatan ekowisata seperti wisata bahari dan pusat perdagangan ikan hasil tangkapan nelayan yang berlabuh di Pantai Kedonganan.

Sejak Peraturan Pemerintah Provinsi Bali ditetapkan dengan Peraturan Nomor: 7/Pergub/2007, analisis kualitas air Pantai menunjukkan adanya pencemaran ringan di sekitar Kabupaten Badung termasuk Teluk Jimbaran (Perwira *et al.*, 2014). Pada penelitian Perwira *et al.*, (2014), diketahui bahwa kondisi ekologis Perairan Teluk Jimbaran berada pada level sedang. Hal ini dapat membahayakan ekologi lingkungan laut apabila organisme laut baik di sedimen maupun perairan terkontaminasi oleh mikroplastik. Maka dari itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengkaji data karakteristik jenis, ukuran, warna dan jumlah kelimpahan mikroplastik yang mencemari pantai di Teluk Jimbaran untuk menjaga kondisi ekologi Teluk Jimbaran.

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat

Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Januari – Maret 2023 karena merupakan waktu terjadinya Angin Muson Barat dan peralihan ke Timur sehingga dapat dilihat juga kelimpahan mikroplastik pada setiap bulannya. Pengambilan sampel bertempat di Teluk Jimbaran (Gambar 1). Teluk Jimbaran berlokasi di bagian barat Pulau Bali yang berbatasan dengan 2 kecamatan yaitu Kuta dan Kuta Selatan dan berdekatan dengan Bandara I Gusti Ngurah Rai. Aktivitas di Teluk Jimbaran meliputi ekowisata seperti wisata bahari yang terkenal dengan restoran di tepi pantai sehingga selalu ramai oleh wisatawan serta terdapat aktivitas nelayan dan pusat perdagangan ikan di Pasar Kedonganan. Selanjutnya, pengolahan sampel air dan sedimen serta identifikasi mikroplastik dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Kelautan dan Perikanan Universitas Udayana.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Tabel 1. Koordinat Penelitian Pada Sampel Air

ST ASI UN	Koordinat Penelitian			
	Start		End	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
1	8,463619°	115,94099°	8,461093°	115,95077°
2	8,461093°	115,95077°	8,454410°	115,95231°
3	8,454410°	115,95231°	8,452018°	115,93938°

Tabel 2. Koordinat Penelitian Pada Sampel Sedimen

STASIUN	Koordinat Penelitian	
	Latitude	Longitude
1	8,776525°	115,165886°
2	8,772372°	115,167575°
3	8,768142°	115,168714°
4	8,763589°	115,16912°
5	8,755681°	115,165881°

2.2 Pelaksanaan Penelitian

Pada tahap pengumpulan sampel digunakan metode *purposive random sampling*. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Pengambilan sampel air menggunakan *manta trawl* selama 10 menit dengan kecepatan perahu 5 km/jam setiap 1 kali pengambilan dan sampel sedimen diambil sebanyak 400 gram dengan sekop pada zona intertidal Pantai Jimbaran.

Penelitian ini menggunakan metode yang telah digunakan Masura *et al.* (2015). Sampel air disaring dengan saringan 0.3 mm dan 5 mm dan diambil padatan yang terdapat di saringan terkecil untuk dikeringkan di oven dengan suhu 60°C selama 24 jam. Sedimen dikeringkan di oven dengan suhu 90°C selama 24 jam kemudian dihaluskan dan dilakukan pemisahan densitas dengan 400 mL larutan NaCl sehingga mikroplastik yang terapung dikeringkan di oven dengan suhu 60°C selama 24 jam. Kedua jenis sampel air dan sedimen melalui proses WPO (*Wet Peroxide Oxidation*) untuk menghancurkan material organik sehingga memisahkan partikel mikroplastik dengan endapan organik dengan 20 mL larutan FeSO₄.7H₂O 0,05 M (aq) dan 20 mL hidrogen peroksida 30% dipanaskan di atas hotplate hingga suhu 75°C selama 30 menit kemudian ditambahkan ~6 gr NaCl (s) untuk menambahkan densitas larutannya. Setelah itu, dilakukan pemisahan densitas menggunakan gelas ukur tinggi yang ditambahkan larutan NaCl dan dibiarkan semalaman sehingga mikroplastik dapat terapung ke atas dan akan dipindahkan ke kertas saring di cawan petri untuk diidentifikasi. Identifikasi mikroplastik menggunakan mikroskop stereo dengan pembesaran 4x dan didokumentasikan dengan *software* OptiLab dan diukur menggunakan aplikasi *image raster*.

2.3 Analisis Data

Analisa data mengikuti metode dari NOAA (*National Oceanic Atmospheric Administration*) (2015)

Kelimpahan mikroplastik di sedimen (persamaan 1)

$$C = n/m \dots\dots(1)$$

Keterangan :

C = Kelimpahan mikroplastik (partikel/kg)

n = Jumlah partikel mikroplastik per sampel (partikel/sampel)

m = Berat sampel sedimen kering (kg)

Dalam menentukan berat sampel sedimen kering (m), gelas beaker kosong (b) ditimbang, lalu dikurangi dengan massa gelas beaker berisi sedimen kering (a) untuk mendapatkan massa total padatan (c, c = m) (Masura *et al.*, 2015) dengan rumus persamaan 2 :

$$b - a = c \dots\dots(2)$$

Kelimpahan mikroplastik di air (persamaan 3)

$$C = n/V \dots\dots(3)$$

Keterangan :

C = Kelimpahan mikroplastik (partikel/m³)

n = Jumlah partikel mikroplastik per sampel (partikel)

V = Volume air tersaring (m³)

Adapun untuk pengukuran volume air yang tersaring manta trawl (persamaan 4)

$$V = L \times S \dots\dots(4)$$

Keterangan:

V = Volume air tersaring (m³)

L = Luas permukaan *manta trawl* (m²)

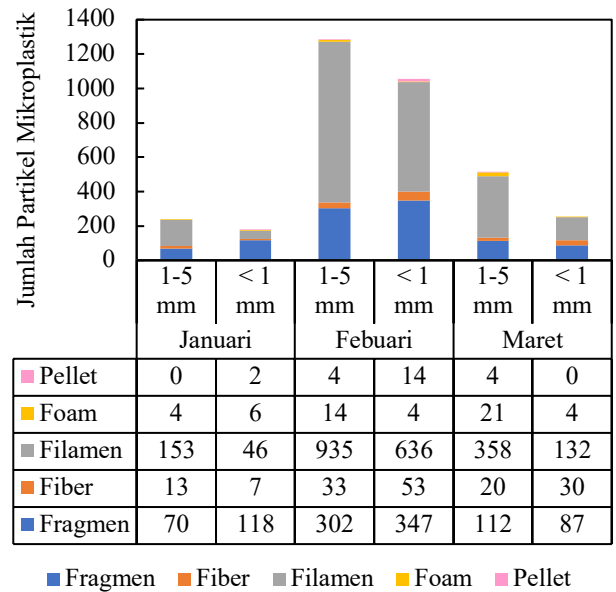
S = Jarak atau jauh sampel diambil selama di perahu (m)

Karakteristik mikroplastik diidentifikasi menggunakan mikroskop dengan perbesaran 4x, kemudian partikel mikroplastik yang terlihat dikategorikan berdasarkan bentuk (*fragmen*, *fiber*, *filamen*, *foam*, dan *pellet*) dan warna (MERI, 2017). Data yang diperoleh di lapangan dan di laboratorium diolah untuk mengetahui jenis dan kelimpahan mikroplastik. Analisis data menggunakan analisis statistik deskriptif. Data yang telah diolah disajikan dalam bentuk tabel, grafik dan gambar. Analisis data dilakukan dengan bantuan *software Microsoft Excel* (Pasaribu, 2021).

3. Hasil dan Pembahasan

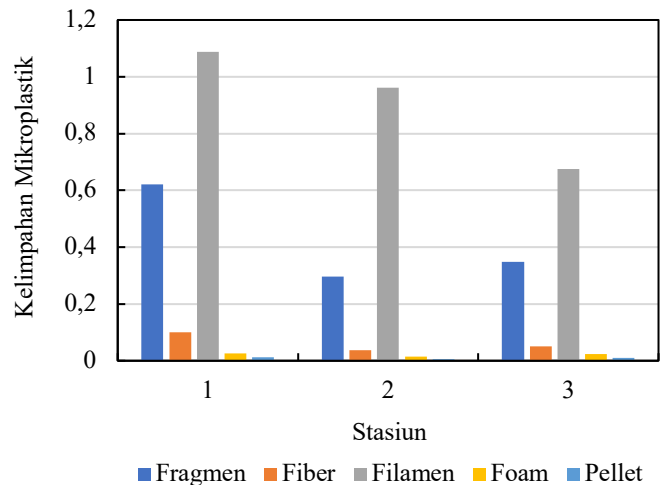
3.1 Jumlah, Jenis, Warna dan Ukuran mikroplastik

Berdasarkan hasil analisa mikroplastik pada air ditemukan 5 jenis yaitu *fiber*, *filamen*, *fragmen*, *pellet*, dan *foam*. Ditemukan mikroplastik jenis *fiber* sebanyak 156 partikel, *fragmen* 1.036 partikel, *filamen* 2.260 partikel, *pellet* 24 partikel, dan *foam* 53 partikel (Gambar 2).



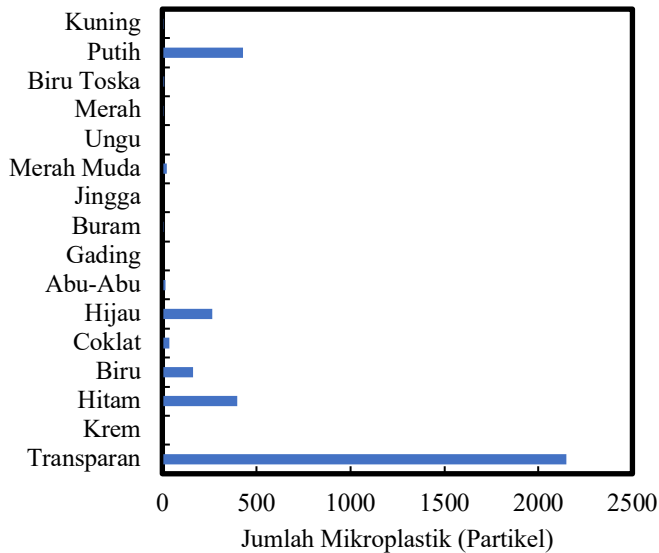
Gambar 2. Jumlah mikroplastik per bulan yang ditemukan pada Air di Perairan Teluk Jimbaran berdasarkan Jenis dan Ukuran.

Berdasarkan Gambar 3 terdapat 5 jenis mikroplastik di setiap stasiun dengan filamen sebagai jenis mikroplastik terbanyak di ketiga stasiun. Stasiun 1 menjadi stasiun dengan kelimpahan mikroplastik tertinggi dengan kelimpahan 0,37 partikel/m³, stasiun 2 sebanyak 0,26 partikel/m³, dan stasiun 3 dengan kelimpahan 0,22 partikel/m³.



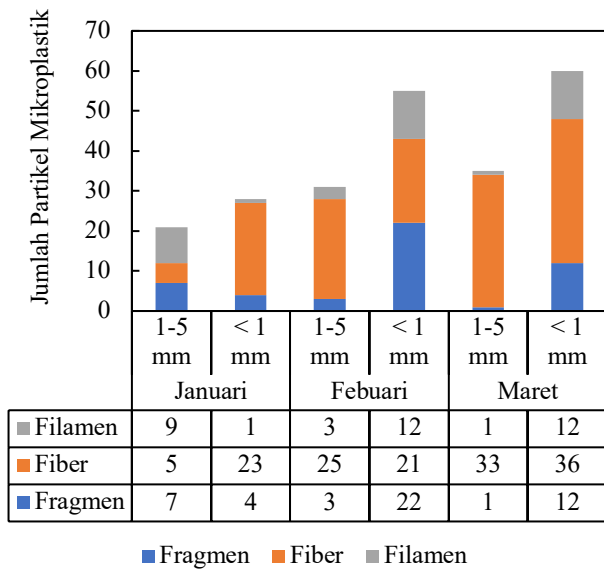
Gambar 3. Kelimpahan Jenis mikroplastik pada air di Perairan Teluk Jimbaran berdasarkan Stasiun.

Berdasarkan hasil analisa mikroplastik pada air terdapat 16 jenis warna. Ditemukan mikroplastik transparan sebanyak 2.149 partikel, putih 429 partikel, hitam 399 partikel, hijau 264 partikel, biru 163 partikel, coklat 36 partikel, merah muda 24 partikel, abu-abu 17 partikel, biru toska 9 partikel, merah, kuning, jingga, dan buram masing-masing 4 partikel, krem 3 partikel, dan gading 1 partikel (Gambar 4).



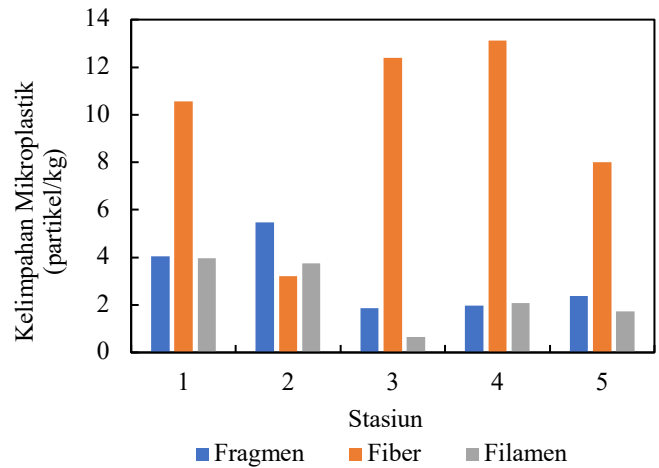
Gambar 4. Jumlah mikroplastik pada air di Perairan Teluk Jimbaran berdasarkan Warna.

Berdasarkan hasil analisa mikroplastik pada sedimen terdapat 3 jenis yaitu *fiber*, filamen, dan fragmen. Ditemukan mikroplastik jenis *fiber* sebanyak 143 partikel, Fragmen 49 partikel, dan filamen 38 partikel (Gambar 5).



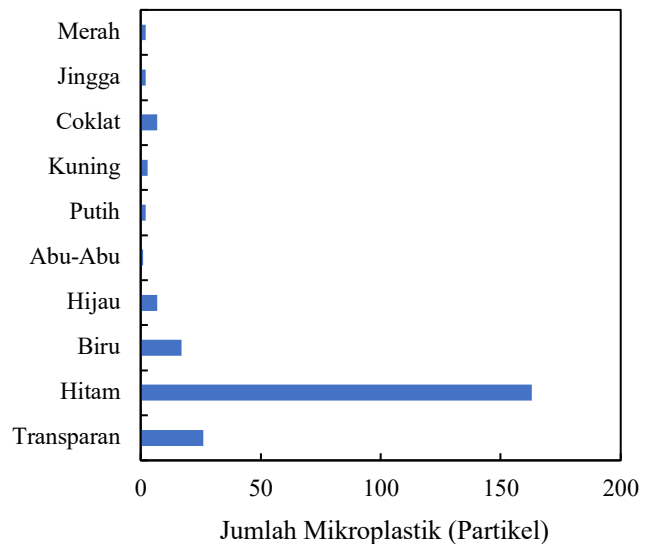
Gambar 5. Jumlah mikroplastik per bulan yang ditemukan pada Sedimen di Perairan Teluk Jimbaran berdasarkan Jenis dan Ukuran.

Berdasarkan Gambar 6 terdapat 3 jenis mikroplastik di setiap stasiun dengan *fiber* yang mendominasi 4 stasiun dan fragmen yang mendominasi 1 stasiun. Stasiun 1 menjadi stasiun dengan jumlah mikroplastik tertinggi dengan kelimpahan mikroplastik 6,196 partikel/kg, stasiun 4 sejumlah 5,73 partikel/kg, stasiun 3 dengan 4,97 partikel/kg, stasiun 2 sejumlah 4,14 partikel/kg, dan stasiun 5 dengan kelimpahan 4,04 partikel/kg.



Gambar 6. Kelimpahan Jenis mikroplastik pada Sedimen di Perairan Teluk Jimbaran berdasarkan Stasiun.

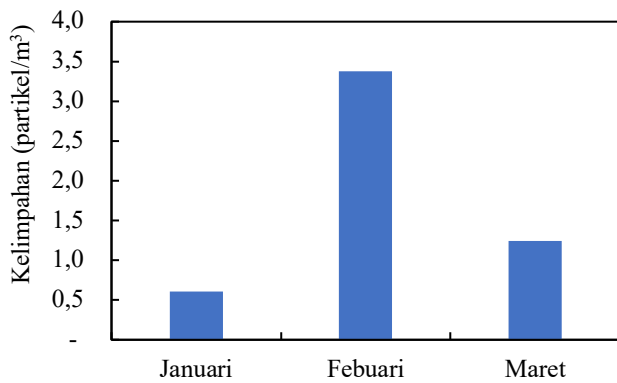
Berdasarkan hasil yang ditemukan menunjukkan bahwa warna mikroplastik pada sedimen terdapat 10 jenis. Ditemukan mikroplastik berwarna hitam sejumlah 163 partikel, transparan 26 partikel, biru 17 partikel, hijau 7 partikel, coklat 7 partikel, kuning 3 partikel, jingga, merah, dan putih masing-masing 2 partikel, dan abu-abu 1 partikel 7.



Gambar 7. Jumlah mikroplastik pada sedimen di Perairan Teluk Jimbaran berdasarkan Warna.

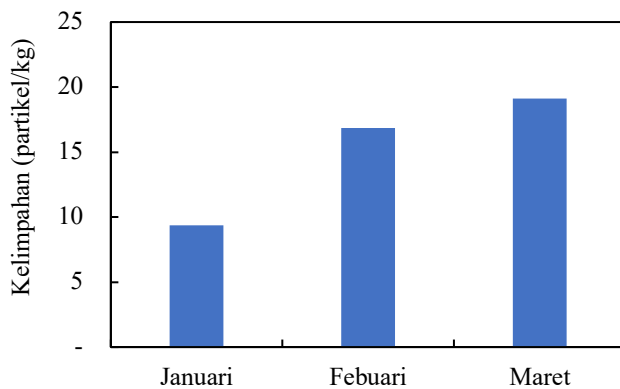
3.2 Kelimpahan mikroplastik

Kelimpahan rata-rata mikroplastik pada air di Teluk Jimbaran (Gambar 8) yaitu 4,398 partikel/m³. Kelimpahan mikroplastik pada bulan Januari sebanyak 0,61 partikel/m³, pada bulan Febuari 3,38 partikel/m³ dan bulan Maret 1,24 partikel/m³.



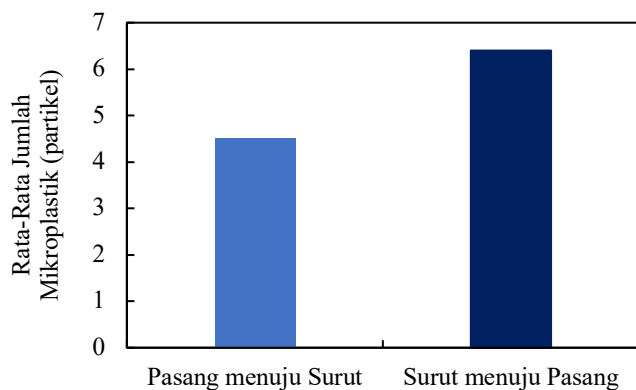
Gambar 8. Kelimpahan mikroplastik pada air di Perairan Teluk Jimbaran berdasarkan Bulan.

Kelimpahan rata-rata mikroplastik pada sedimen di Teluk Jimbaran yaitu 15,115 partikel/kg. Kelimpahan mikroplastik pada bulan Januari sebanyak 9,35 partikel/kg, pada bulan Februari 16,87 partikel/kg dan bulan Maret 19,12 partikel/ kg (Gambar 9).



Gambar 9. Kelimpahan mikroplastik pada sedimen di Perairan Teluk Jimbaran berdasarkan Bulan.

Berdasarkan pengambilan data mikroplastik di sedimen intertidal Teluk Jimbaran pada bulan Januari dan Februari dilakukan saat air laut pasang menuju surut dengan elevasi 0,371-0,635 m. Sedangkan, sampel mikroplastik di sedimen pada bulan Maret diambil saat air laut surut menuju pasang dengan elevasi - 0,771 m hingga -0,924 m. Jumlah mikroplastik saat surut menuju pasang ditemukan lebih tinggi dengan rata-rata 6,4 partikel mikroplastik dibandingkan saat pasang menuju surut dengan rata-rata 4,5 partikel mikroplastik. Data ini disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Perbedaan Jumlah mikroplastik pada Sedimen di Perairan Teluk Jimbaran berdasarkan Pasang-Surut.

Pada Gambar 2 menunjukkan mikroplastik jenis filamen merupakan mikroplastik tertinggi yang ditemukan pada air di Teluk Jimbaran. Jenis filamen mendominasi perairan karena merupakan *polyethylene* dengan densitas rendah sehingga terapung di kolom perairan yang mana berasal dari daratan seperti kantong plastik, lembaran plastik, bungkus makanan dan minuman, serta yang lainnya. (Koutsodendris *et al.*, 2008). Sedangkan, pada gambar 5 mikroplastik jenis *fiber* mendominasi jenis mikroplastik di sedimen karena terdapatnya aktivitas perikanan di Teluk Jimbaran yang dilakukan secara massif sehingga menggunakan alat penangkap ikan seperti jaring yang terbuat dari benang atau *fiber* (Azizah *et al.*, 2020). Jenis mikroplastik fragmen juga ditemukan baik di air maupun sedimen yang berasal dari potongan kecil benda berbahan plastik yang rapuh akibat proses fragmentasi dan tersebar baik di sedimen maupun perairan (Barnes *et al.*, 2009). *Foam* dan *Pellet* hanya ditemukan di perairan dan tidak ditemukan di sedimen. *Foam* berasal dari aktivitas nelayan saat berlayar yang membawa kotak styrofoam di kapalnya untuk menyimpan ikan yang telah ditangkap. Sedangkan *pellet* berasal dari bahan baku dari industri plastik yang bersumber dari aktivitas manusia di daratan (Azizah *et al.*, 2020).

Ukuran Mikroplastik di perairan didominasi oleh 1-5 mm sedangkan sedimen < 1 mm. Hal ini dikarenakan mikroplastik yang berukuran kecil (mikro) cenderung tenggelam lebih cepat (Li *et al.*, 2020). Pada penelitian Cozar *et al.*, (2014) menunjukkan mikroplastik yang berukuran kurang dari 1 mm akan cepat tenggelam ke dalam perairannya seperti mikroplastik jenis *fiber*, sedangkan yang berukuran lebih besar dari 1 mm akan mengapung di perairan (Khatmullina *et al.*, 2017).

Warna mikroplastik yang paling banyak dijumpai di perairan (Gambar 4) yakni transparan sebanyak 2.148 partikel dan di sedimen (Gambar 7) didominasi warna hitam sejumlah 163 partikel. Sifat yang ditemukan pada mikroplastik transparan yaitu fleksibel seperti potongan dari bungkus atau kantong plastik dan pada terdapat 2 sifat yang berbeda pada mikroplastik berwarna hitam yaitu keras dan berupa benang, hal ini dikarenakan masifnya penggunaan plastik berwarna hitam dari berbagai sektor industri (Turner, 2018). Marti *et al.*, (2020) menyatakan warna mikroplastik yang kelimpahannya paling tinggi dan sering dijumpai adalah transparan, putih, dan hitam. Identifikasi warna pada mikroplastik berguna untuk mengidentifikasi potensi sumber sampah plastik (Hartmann *et al.*, 2019; Rocha, 2017). Mikroplastik transparan dianggap berasal dari plastik jenis polypropylene dan mikroplastik berwarna putih dari jenis plastik *polyethylene* (Rocha, 2017). Akan tetapi, warna mikroplastik ini dapat merupakan warna asli dari sumber plastik tersebut ataupun warna hasil degradasi di mana terjadi perubahan warna akibat plastik yang sudah ada dalam jangka waktu yang lama (Pastorelli *et al.*, 2014).

Kelimpahan Mikroplastik di air (Gambar 8) rata-rata sejumlah 4,398 partikel/m³ dan di sedimen (Gambar 9) dengan rata-rata 15,113 partikel/kg. Pada penelitian Li *et al.*, (2020) yang menunjukkan kelimpahan mikroplastik di permukaan air jauh lebih banyak daripada di sedimen. Hal ini dikarenakan perbedaan densitas yang signifikan antara permukaan air dan sedimen sehingga terjadi perpindahan mikroplastik secara vertikal di perairan. Dalam penelitian Lenaker *et al.*, (2019) ditemukan mikroplastik dengan kepadatan yang lebih rendah akan turun ke dasar laut dan mikroplastik dengan kepadatan lebih tinggi ditemukan di kolom dan permukaan air (Dai *et al.*, 2018).

Kelimpahan rata-rata mikroplastik di perairan Teluk Jimbaran adalah 4,398 partikel/m³ tergolong tinggi jika dibandingkan dengan hasil penelitian di Teluk Benoa dengan kelimpahan 0,43-0,58 partikel/m³. Sedangkan, kelimpahan rata-

rata mikroplastik di sedimen Teluk Jimbaran yakni 15,115 partikel/kg tergolong rendah dibandingkan di sedimen Teluk Benoa dengan kelimpahan 73-113 partikel/kg (Nugroho *et al.*, 2018).

Kesimpulan

1. Karakteristik jenis mikroplastik di air Teluk Jimbaran ditemukan filamen, fragmen, *fiber*, *foam*, dan *pellet* dengan jenis mikroplastik filamen yang mendominasi. Ukuran mikroplastik 1 – 5 mm dan mikroplastik berwarna transparan banyak ditemukan di air. Kelimpahan rata-rata mikroplastik di air sebesar 4,398 partikel/m³.
2. Karakteristik jenis mikroplastik di sedimen Teluk Jimbaran ditemukan filamen, fragmen, dan *fiber* dengan jenis mikroplastik *fiber* yang mendominasi. Ukuran mikroplastik < 1 mm dan mikroplastik berwarna hitam banyak ditemukan di sedimen. Kelimpahan rata-rata mikroplastik di sedimen sebesar 15,115 partikel/kg sedimen kering.

Daftar Pustaka

Azizah, P., Ridlo, A., & Suryono, C. A. (2020). Mikroplastik pada Sedimen di Pantai Kartini Kabupaten Jepara Jawa Tengah. *Journal of marine Research*, 9(3), 326-332.

Barnes, D. K., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, 364(1526), 1985-1998.

Cózar, A., Echevarría, F., González-Gordillo, J. I., Irigoien, X., Úbeda, B., Hernández-León, S., ... & Duarte, C. M. (2014). Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(28), 10239-10244.

Dai, Z., Zhang, H., Zhou, Q., Tian, Y., Chen, T., Tu, C., ... & Luo, Y. (2018). Occurrence of microplastics in the water column and sediment in an inland sea affected by intensive anthropogenic activities. *Environmental pollution*, 242, 1557-1565.

[DKLH]: Dinas Kehutanan dan Lingkungan Hidup. (2023). https://balisatudata.baliprov.go.id/laporan/data-pengelolaan-sampah-per-kabupatenkota-di-provinsi-bali?district_id=&sub_district_id=&year=2022

Hartmann, N. B., Huffer, T., Thompson, R. C., Hasselov, M., Verschoor, A., Dugaard, A. E., ... & Wagner, M. (2019). Are we speaking the same language? Recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris.

Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., ... & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *science*, 347(6223), 768-771.

Khatmullina, L., & Isachenko, I. (2017). Settling velocity of microplastic particles of regular shapes. *Marine pollution bulletin*, 114(2), 871-880.

Koutsodendris, A., Papatheodorou, G., Kougiourouki, O., & Georgiadis, M. (2008). Benthic marine litter in four Gulfs in Greece, Eastern Mediterranean; abundance, composition and source identification. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 77(3), 501-512.

[Kemendagri]:Kementrian Dalam Negeri. (2022). <https://www.google.com/url?q=https://dukcapil.kemendagri&sa=D&source=apps-viewer-frontend&ust=1728635072423557&usg=AOvVaw1C9I3MIOP1Op34PbZfQJFf&hl=en>

[KLHK] : Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2022). <https://www.cnnindonesia.com/nasional/20220225173203-20-764215/sampah-plastik-2021-naik-ke-116-juta-ton-klhk-sindir-belanja-online>

Kurniawan, R., Habibie, M. N., & Permana, D. S. (2012). Kajian daerah rawan gelombang tinggi di Perairan Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 13(3).

Lasaliesanti, P. (2019). Implementasi program Bali beach clean up sebagai corporate social responsibility (CSR) oleh perusahaan Coca-Cola Amatil Indonesia di Pantai Kuta Bali. *Aspirasi: Jurnal Ilmiah Administrasi Negara*, 4(1), 5-8.

Lenaker, P. L., Baldwin, A. K., Corsi, S. R., Mason, S. A., Reneau, P. C., & Scott, J. W. (2019). Vertical distribution of microplastics in the water column and surficial sediment from the Milwaukee River Basin to Lake Michigan. *Environmental science & technology*, 53(21), 12227-12237.

Li, Y., Lu, Z., Zheng, H., Wang, J., & Chen, C. (2020). Microplastics in surface water and sediments of Chongming Island in the Yangtze Estuary, China. *Environmental Sciences Europe*, 32, 1-12.

Martí, E., Martín, C., Galli, M., Echevarría, F., Duarte, C. M., & Cózar, A. (2020). The colors of the ocean plastics. *Environmental Science & Technology*, 54(11), 6594-6601.

Masura, J., Baker, J., Foster, G., & Arthur, C. (2015). Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments.

Mauludy, M. S., Yunanto, A., & Yona, D. (2019). Microplastic abundances in the sediment of coastal beaches in Badung, Bali. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 21(2), 73-78.

[MERI] : Marine Environmental & Research Institution. (2017). Guide to Microplastic Identification.

[NOAA]: National Oceanic and Atmospheric Administration. (2015). Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments.

[NOAA]: National Oceanic and Atmospheric Administration. (2021). <https://oceanservice.noaa.gov/facts/microplastics.html>

Nugroho, D. H., Restu, I. W., & Ernawati, N. M. (2018). Kajian kelimpahan mikroplastik di perairan teluk benoa Provinsi Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, 1(1), 80-88.

PASARIBU, R. S. B. (2021). Analisis Mikroplastik Pada Sedimen Di Perairan Selat Panjang Kecamatan Tebing Tinggi, Kabupaten Kepulauan Meranti, Provinsi Riau.

Pastorelli, G., Cucci, C., Garcia, O., Piantanida, G., Elnaggar, A., Cassar, M., & Strlič, M. (2014). Environmentally induced colour change during natural degradation of selected polymers. *Polymer degradation and stability*, 107, 198-209.

Perwira, I. Y., & Ulinuha, D. (2014). Phytoplankton diversity as ecological indicator in Jimbaran bay waters. *Ecotrophic*, 1(1), 18-27.

Rocha-Santos, T. A., & Duarte, A. C. (2017). *Characterization and analysis of microplastics*. Elsevier.

Sheavly, S. B., & Register, K. M. (2007). Marine debris & plastics: environmental concerns, sources, impacts and solutions. *Journal of Polymers and the Environment*, 15, 301-305.

Turner, A. (2018). Black plastics: Linear and circular economies, hazardous additives and marine pollution. *Environment international*, 117, 308-318.